

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03234128 A**

(43) Date of publication of application: **18 . 10 . 91**

(51) Int. Cl.  
**H04B 7/26**  
**H01Q 3/26**  
**H04B 7/08**  
**H04L 27/22**

(21) Application number: **02031197**

(22) Date of filing: **08 . 02 . 90**

(71) Applicant: **A T R KOUDENPA TSUSHIN  
KENKYUSHO:KK**

(72) Inventor: **NAKAJO WATARU  
UEHARA KIYOHICO  
YASUKAWA KOUJI**

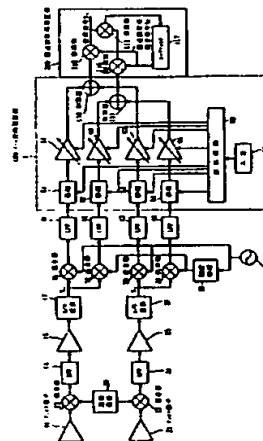
(54) **PHASED ARRAY ANTENNA**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To shorten a delay time of a feedback loop of a carrier phase correction component by making a part controlling a beam direction independent of a part correcting a phase of a carrier.

**CONSTITUTION:** Conversion means 31-34 convert signals transmitted from antenna elements 11, 12 and processed at pre-stage circuits by using a carrier at a fixed frequency outputted from stationary local oscillation sections 30, 62. Then a signal from a beam direction control means 100 is corrected in a feedback loop in a carrier phase correction means 200. Thus, a beam direction control means 100 and the feedback loop in the carrier phase correction means 200 are provided independently to shorten the delay time in the loop by reference carrier regeneration and a complicated algorithm such as the interference wave elimination algorithm requiring much processing time is applied to the beam direction control means 100.

**COPYRIGHT:** (C)1991,JPO&Japio



Best Available Copy

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-234128

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)10月18日

H 04 B 7/26  
H 01 Q 3/26  
H 04 B 7/08  
H 04 L 27/22

B 7608-5K  
Z 7741-5J  
D 8426-5K  
B 7240-5K

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

⑮ 発明の名称 フェーズドアレーアンテナ

⑯ 特 願 平2-31197

⑰ 出 願 平2(1990)2月8日

⑱ 発 明 者 中 條 渉 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・ティ・アール光電波通信研究所内  
⑱ 発 明 者 上 原 清 彦 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・ティ・アール光電波通信研究所内  
⑱ 発 明 者 安 川 交 二 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・ティ・アール光電波通信研究所内  
⑲ 出 願 人 株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究  
所  
⑳ 代 理 人 弁理士 青 山 葆 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

フェーズドアレーアンテナ

2. 特許請求の範囲

(1)複数のアンテナ素子で受信される各無線信号を互いに所定の位相差を有する信号に変換する変換手段と、所望のビーム方向がアレーアンテナで得られるように上記変換手段が送出する信号の位相をそれぞれ変化させ変化後の信号を加算し合成信号として送出するビーム方向制御手段と、を有するフェーズドアレーアンテナにおいて、

互いに所定の位相差を有する固定周波数の信号を発振し該信号を上記変換手段へ送出する固定局部発振部と、

上記ビーム方向制御手段より送出される信号の位相を補正する搬送波位相補正手段と、を備えたことを特徴とするフェーズドアレーアンテナ。

(2)上記搬送波位相補正手段は、上記ビーム方向制御手段から送出される信号の位相を局部発振信号にて移相する移相手段と、

装置外部へ復調信号として送出される上記移相手段のそれぞれの出力信号を乗算する乗算手段と、

上記乗算手段が送出する信号に基づいて上記ビーム方向制御手段より供給される信号の位相と同一の位相を有する搬送波位相補正信号を再生し、この搬送波位相補正信号を局部発振信号として上記移相手段へ送出する補正手段と、を備えた請求項1記載のフェーズドアレーアンテナ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、自動車等の移動体に搭載される移動体通信用として使用可能なフェーズドアレーアンテナに関する。

[従来の技術]

第4図は、中条、岩崎、安川による“ビーム形成部と復調部を一体化した移動体衛星通信用DBFアンテナに関する検討”、1989年電子情報通信学会秋季全国大会、B-20に示されたフェーズドアレーアンテナのブロック図である。第4図において、2個のアンテナ素子11, 12で受信

された無線信号はそれぞれ混合器13, 23に送出され、混合器13, 23にて局部発振器20から供給される局部発振信号と混合されてIF信号に変換される。そして混合器13, 23より各IF信号が帯域通過フィルタ14, 24及びIF増幅器15, 25を介してA/D変換器17, 27へ送出される。

A/D変換器17, 27は、それぞれ供給されたIF信号をA/D変換し、A/D変換されたデジタルIF信号S1を混合器31, 32へ送出し、デジタルIF信号S2を混合器33, 34に送出する。混合器31, 33は、それぞれデジタルIF信号S1, S2と後述する電圧制御発振器(VCO)114から発生される基準搬送波信号Scとを乗算する回路であり、この乗算した信号を所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィルタ41, 43を介してビーム方向制御部100に設けられる移相器51, 53に送出する。また、混合器32, 34は、それぞれデジタルIF信号S1, S2と、移相器36にて上記基準搬送波信号

4から送出される各信号は、加算器111に供給されて加算された後、この加算された信号は乗算器112に送出される。さらに乗算器112は、供給された2つの信号を乗算した後、この乗算した信号を所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィルタ(LPF)113を介して電圧制御発振器114へ送出する。電圧制御発振器114は、IF周波数と概ね同一の自走発振周波数を有し、供給される誤差信号に対応した周波数を有する基準搬送波信号Scを発生して、この基準搬送波信号Scをビーム方向の制御のために用いられるI信号及びQ信号を生成するための局部発振信号として、混合器31, 33及び移相器36へ送出する。

以上の混合器31乃至34から電圧制御発振器114までの回路にて第4図に一点鎖線で囲んだ基準搬送波再生部200を構成し、この基準搬送波再生部200におけるフィードバックループは、乗算器112から送出される誤差信号の振幅がゼロとなり、電圧制御型発振器114から出力され

Scが90度だけ移相され移相器36より送出される信号とを乗算する回路であり、この乗算した信号を所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィルタ42, 44を介してビーム方向制御部100に設けられる移相器52, 54へ送出する。

ビーム方向制御部100は、供給される各信号を所定の移相量だけ移相させる4個の移相器51乃至54と、移相器51乃至54が送出する信号の振幅を変化させる4個の可変利得増幅器61乃至64と、入力装置60に供給されたビーム方向を基礎とし、当該受信フェーズドアレーアンテナのビーム方向が入力装置60に供給されたビーム方向となるように、移相器51乃至54及び増幅器61乃至64における移相量及び振幅調整量の演算を制御する演算制御回路50と、を設けている。

増幅器61, 63から送出される各信号は、加算器110に供給され、加算器110は供給された2つの信号を加算し、復調信号S3を外周及び乗算器112へ送出する。また、増幅器62, 6

基準搬送波信号Scの周波数と位相が、加算器110から送出される合成信号S3から復調信号のみが得られるように動作する。

[発明が解決しようとする課題]

以上のように構成されたフェーズドアレーアンテナにおいてはビーム方向制御部100は基準搬送波再生部200に含まれる構成となっている。従って、基準搬送波再生部200内にビーム方向制御部の遅延が含まれるために、フィードバックループの応答特性が遅くなるという問題があった。フィードバックループで許容される遅延時間についてはJ. A. Develletによる“The influence of time delay on second-order phase-locked loop acquisition range”, Internat. Telecomm. Conf., London, p. 432 (1963)に示された式として $2\pi\Delta f \cdot \tau = \pi/2$ がある。ここで $\Delta f$ は入力信号の周波数と電圧制御発振器の自走周波数との差、 $\tau$ は遅延時間である。今、移動体衛星通信用の周波数として1.54 GHzを想定し、衛星中継器等の局発振動を $\pm 1 \times 10^{-6}$ とすると、

$\Delta t = \pm 1.54 \times 10^{-3}$ となる。これを代入して  
 $\tau \leq \pm 154 \mu\text{sec}$ となる。つまり、無線信号の  
 搬送波周波数と再生搬送波周波数との位相を一致  
 させることができる遅延時間の限界は  $154 \mu\text{sec}$   
 となる。今、サンプルレートを  $16 \text{ kbps}$ 、ディ  
 ジタル信号処理用プロセッサ(DSP)のマシンサイ  
 クルを  $60 \text{ nsec}$ とすると、16素子アレーのビ  
 ーム形成処理時間は、デジタルフーリエ変換(OF  
 FT)を用いて所望の方向にビームを1本形成す  
 る場合は  $15 \text{ msec}$ となり、許容される遅延時間を  
 越えてしまうという問題点がある。

本発明の目的はこのような問題点を解決し、基  
 準搬送波再生部におけるループの遅延時間が短い  
 フェーズドアレーアンテナを提供することにある。

尚、このような遅延に関する類似の問題として、  
 アンテナ分野以外のデータ伝送の分野では位相同  
 期ループ(PLL)内にトランスバーサル等化器の  
 遅延が含まれる問題がある。しかしこの問題は第  
 5図に示すような回路を構成することで解決して  
 いる。第5図は、局部発振器から送出される一定

加算器310に供給され、加算された後、移相器  
 311へ送出される。移相器311は、後述する  
 ループフィルタ314が発生する搬送波位相補正  
 信号と、加算器310の出力信号とを乗算し、乗  
 算した信号を複素判定器312、割り算器313、  
 引算器315へ送出する。複素判定器312では  
 データ信号の位置を判定し、割り算器313では  
 判定前後の信号の割り算を行なう。割り算器31  
 3で生成された誤差信号は、ループフィルタ31  
 4に送出される。移相器311からループフィル  
 タ314までのフィードバックループは、割り算  
 器313から送出される誤差信号の振幅がゼロと  
 なり、ループフィルタ314から出力される信号  
 の位相が、上記複素判定器312で正しいデータ  
 が得られるように動作する。

一方、引算器315では複素判定前の信号と判  
 定後の信号を引算し、誤差信号をつくりだす。引  
 算器315でつくり出される誤差信号は、移相器  
 317へ送出される。移相器317には複素共役  
 器316の出力信号が供給され、移相器317に

周波数の搬送波で検波を行なう、いわゆる準同期  
 検波を行い、ベースバンド等化後の位相が変化す  
 る信号に対して位相補正を行なう従来のPLL  
 を示している。第5図において、入力信号は、混  
 合器331に供給され、混合器331において固  
 定の局部発振器330より供給される局部発振信  
 号と混合されてベースバンド信号に変換された後、  
 所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィル  
 タ341を介して複素トランスバーサル等化器3  
 00に設けられるタップ付き遅延線350に送出  
 される。複素トランスバーサル等化器300は、  
 供給される信号をタップ毎に所定の移相量だけ移  
 相させる移相器351、352、353と、上記供  
 給信号を所定の振幅量だけ調整する可変利得増幅  
 器361、362、363と、移相器351、35  
 2、353及び可変利得増幅器361、362、3  
 63から送出される信号を加算する加算器310  
 と、を設けている。

移相器351、352、353及び可変利得増幅  
 器361、362、363から送出される各信号は、

てループフィルタ314が送出する搬送波位相補  
 正信号を複素共役器316で複素共役をとった信  
 号分だけ位相補正が行なわれ、この位相補正され  
 た信号は、演算制御器318に出力される。演算  
 制御器318は、複素トランスバーサル等化器3  
 00内の移相器351、352、353と可変利得  
 増幅器361、362、363の調整を行なうべく、  
 制御信号を送出する。

上述した回路構成は、移相器311、複素判定  
 器312、割り算器313、ループフィルタ31  
 4にて構成されるループ内に遅延が入らないほか、  
 複素トランスバーサル等化器300とPLLとを、  
 ほぼ独立に動作させることができる自由度がある。

一般に通信用アレーアンテナの分野においては、  
 受信信号のSN比を高めるためにビーム形成を行っ  
 てから復調する必要がある。ところが、各アンテ  
 ナ素子で受信される無線信号を互いに所定の位相  
 差を有する信号に変換する方式においては、正確  
 なビーム形成を行うために受信搬送波と周波数や  
 位相が正確に一致した基準搬送波が必要である。

この基準搬送波は復調信号からしか得ることができないため上述したような回路構成を為すことは容易ではなかった。

〔課題を解決するための手段〕

本発明のフェーズドアレーアンテナは、複数のアンテナ素子で受信される各無線信号を互いに所定の位相差を有する信号に変換する変換手段と、所望のビーム方向がアレーアンテナで得られるように上記変換手段が送出する信号の位相をそれぞれ変化させ変化後の信号を加算し合成信号として送出するビーム方向制御手段と、を有するフェーズドアレーアンテナにおいて、

互いに所定の位相差を有する固定周波数の信号を発振し該信号を上記変換手段へ送出する固定局部発振部と、

上記ビーム方向制御手段より送出される信号の位相を補正する搬送波位相補正手段と、を備えたことを特徴とする。

〔作用〕

以上のように構成することにより、上記変換手

にて補正される。このようにビーム方向制御手段と搬送波位相補正手段のフィードバックループとは独立しているため、基準搬送波再生におけるループの遅延時間を短くするように作用する。

さらに、ビーム方向制御手段は搬送波位相補正部と独立しているため、ビーム方向制御手段に干渉波除去アルゴリズムなどの処理時間のかかる複雑なアルゴリズムを適用することができるという利点がある。

〔実施例〕

第1図は本発明のフェーズドアレーアンテナの一実施例におけるブロック図であり、第1図において、第4図と同一のものについては同一の符号を付している。

この実施例の受信フェーズドアレーアンテナは、受信信号から生成されたI信号及びQ信号を用いてビーム方向を制御するビーム方向制御部100と、ビーム方向制御部100より得られたI信号及びQ信号を乗算し、乗算された信号に基づいて搬送波位相補正信号を再生すること、並びに上記

段は、固定局部発振部が送出する固定周波数の信号を元として例えば互いに90度の位相差を有する2つの局部発振信号を用いて、上記各アンテナ素子で受信される変調されたユーザデータ信号を持つ各無線信号を、それぞれ上記無線信号よりも低い周波数を有し例えば互いに90度の位相差を有する第1と第2の信号に変換する。上記ビーム方向制御手段は、所望のビーム方向が得られるように上記変換手段から出力される各第1と第2の信号の位相をそれぞれ変化させ、これらを加算する。搬送波位相補正手段は、上記ビーム方向制御手段より送出される信号に基づいて本アンテナ装置より外部へ送出される復調信号の位相を制御すべく基準搬送波の位相の補正を行なう。

このフェーズドアレーにおいて、変換手段より送出される信号は、固定局部発振部が出力する固定された周波数の搬送波にて各アンテナ素子より送出され処理された信号を変換する。そして上述したビーム方向制御手段より送出される信号は、搬送波位相補正手段によるフィードバックループ

搬送波位相補正信号とビーム方向制御部100からの出力信号を乗算しフェーズロックループを構成する搬送波位相補正部200とが独立に構成されていることを特徴としている。なお、この受信フェーズドアレーアンテナにおいて受信される無線信号は、送信側でデータ信号で変調されている。

第1図において、2個のアンテナ素子11, 12で受信された無線信号は、それぞれ混合器13, 23に送出され、混合器13, 23にて局部発振器20から供給される局部発振信号と混合されてIF信号に変換される。そして混合器13, 23より各IF信号が帯域通過フィルタ14, 24及びIF増幅器15, 25を介してA/D変換器17, 27へ送出される。

A/D変換器17, 27は、それぞれ供給されたIF信号をA/D変換し、A/D変換されたデジタルIF信号S1を混合器31, 32へ送出し、デジタルIF信号S2を混合器33, 34へ送出する。混合器31, 33は、それぞれ上記ディ

ジタルIF信号S1, S2と固定局部発振器30が発生する搬送波信号とを乗算する回路であり、この乗算した信号を所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィルタ41, 43を介してビーム方向制御部100に送られる移相器51, 53へ送出する。また、混合器32, 34は、それぞれデジタルIF信号S1, S2と、上記搬送波信号が90度だけ移相され移相器36より送出される信号とを乗算する回路であり、この乗算した信号を所定の低域成分のみを通過させる低域通過フィルタ42, 44を介してビーム方向制御部100に送られる移相器52, 54へ送出する。

ビーム方向制御部100は、供給される各信号を所定の移相量だけ移相させる4個の移相器51乃至54と、移相器51ないし54が送出する信号の振幅を変化させる4個の可変利得増幅器61乃至64と、入力装置60に供給されるビーム方向を基礎とし、当該受信フェーズドアレーアンテナのビーム方向が入力装置60に供給されたビーム方向となるように、移相器51乃至54及び増

相補正部200におけるフェーズドバックループは、乗算器112から送出される誤差信号の振幅がゼロとなり、移相器115から送出される合成信号S3から復調信号が得られるように、ループフィルタ117から送出される搬送波位相補正信号の位相が制御される。

このように受信搬送波周波数と周波数や位相が正確に一致していない信号を固定局部発振器に用いる準同期検波方式がフェーズドアレーアンテナのビーム形成方式に適用できるかどうかは、その周波数特性、つまり周波数偏差がある場合のビーム形成精度を調べれば良い。

第2図は平面16素子アレーを正面から60度方向に走査した場合に、周波数偏差がある場合の利得低下量を計算したものである。ここでは、問題を単純化するために、素子間隔を0.5波長、素子は無指向性として計算している。通常、衛星系の周波数変動は $\pm 1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度、つまり0.001~0.0001%であり、第2図の利得低下量のグラフから、まったく問題がないこ

とがわかる。

増幅器61, 63から送出される各信号は、加算器110に供給されて加算された後、加算された信号が移相器115へ送出される。また、増幅器62, 64から送出される各信号は、加算器111に供給されて加算された後、加算された信号が移相器116へ送出される。移相器115, 116は、それぞれ上記加算信号と後述するループフィルタ117より供給される搬送波位相補正信号Scとを乗算して、乗算した信号をそれぞれ乗算器112に送出する。尚、上記の乗算を行うことで、加算器110及び111より送出される信号の位相が移相される。乗算器112は、供給された2つの信号を乗算し、乗算した信号をループフィルタ117へ送出する。

上記移相器115, 116と、上記乗算器112と、上記ループフィルタ117と、にて搬送波位相補正部200を構成している。この搬送波位

とがわかる。

又、本実施例の回路のうち、A/D変換器17, 27以降のデジタル回路の動作を、デジタル信号処理プロセッサ(DSP)のソフトウェアを用いて行なうことができる。ビーム方向制御部100は信号処理時間がかかる部分であり、搬送波位相補正部分のフェーズドバックループにビーム方向制御部100が含まれると大きな遅延が生じ、基準搬送波の再生を行なうことが困難となるが、ビーム方向制御部100と搬送波位相補正部200とを独立させることによりDSPでの実時間処理の可能性が増すという利点がある。

#### 他の実施例

上記実施例においては、2個のアンテナ素子11, 21を用いた一例について述べているが、これに限らず、第3図に示すように、本発明は3個以上の複数のアンテナ素子を用いた受信フェーズドアレーアンテナに適用することができる。また、上記実施例においては、搬送波位相補正部200はPSK信号を復調する際に用いるコストス

ループの例について述べているが、これに限らず、本発明はQAM信号についても適用することができる。

〔発明の効果〕

以上詳述したように本発明によれば、フェーズドアレーアンテナにおいて、ビーム方向を制御する部分と搬送波位相を補正する部分とを独立させたことより、搬送波位相補正部分のフィードバックループの遅延時間を短くすることができる。また、ビーム方向制御部分では遅延時間の大きい複雑な処理を行なうことができるという利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のフェーズドアレーアンテナの一実施例の構成を示すブロック図、第2図は第1図に示すフェーズドアレーアンテナのビーム形成精度を記すグラフ、第3図は本発明のフェーズドアレーアンテナの他の実施例を示すブロック図、第4図及び第5図は従来のフェーズドアレーアンテナの構成を示すブロック図である。

11 1.21…アンテナ素子、

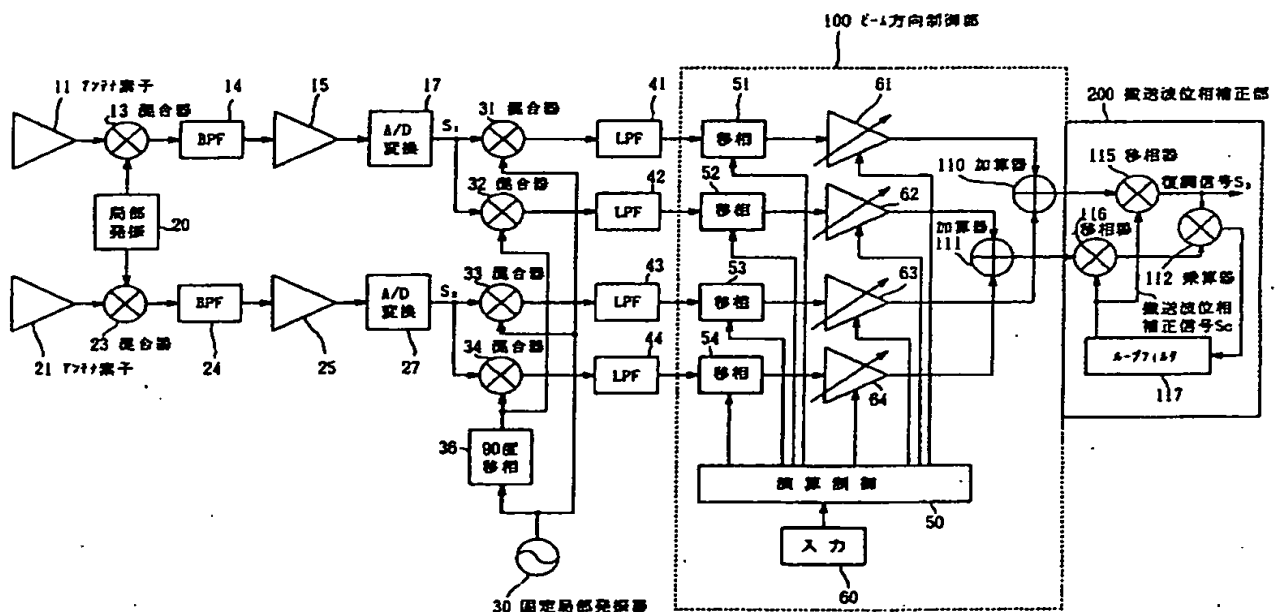
30…固定局部発振器、31乃至34…混合器、  
51乃至54…移相器、  
100…ビーム方向制御部、112…乗算器、  
115, 116…移相器、  
200…搬送波位相補正部。

特許出願人 株式会社 エイ・ティ・アール

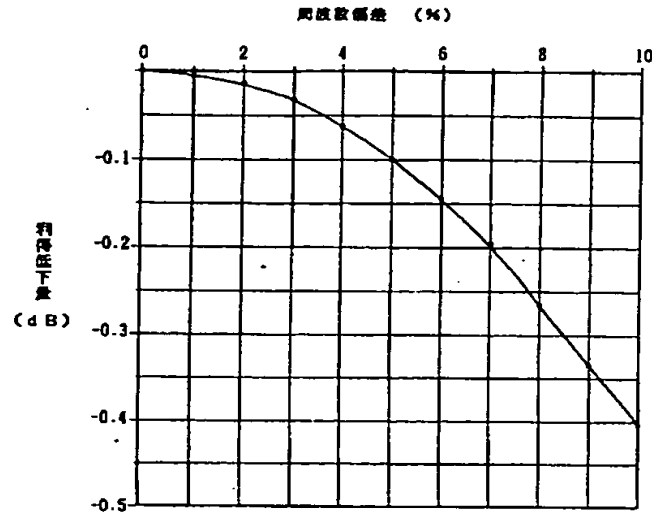
光電波通信研究所

代理人 弁理士 青山 徹 外1名

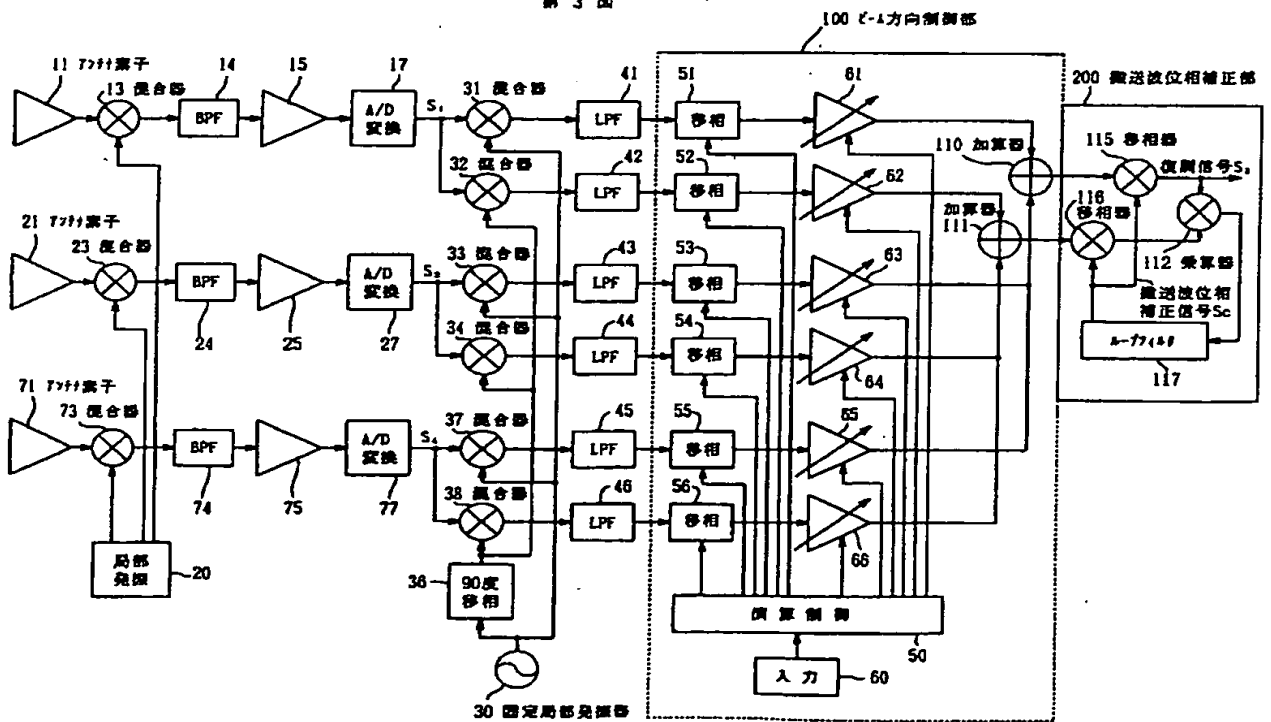
第1図



第 2 図

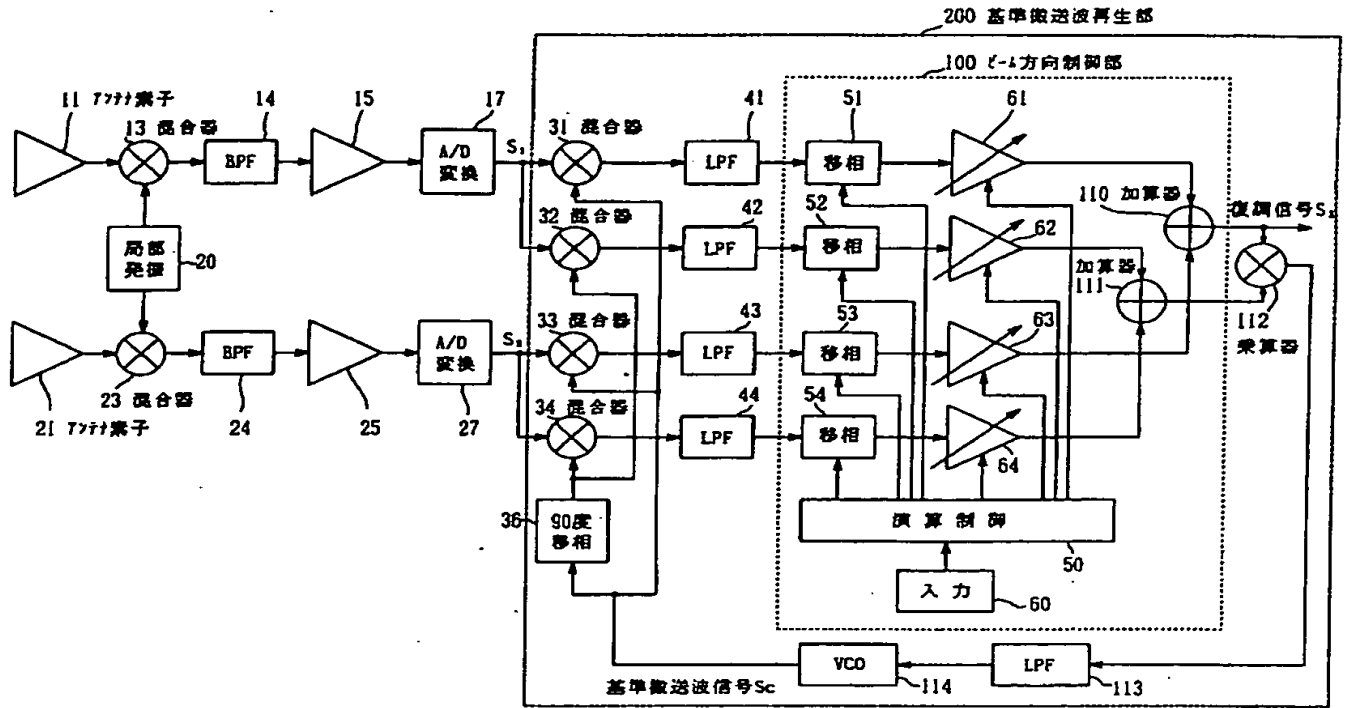


第 3 図

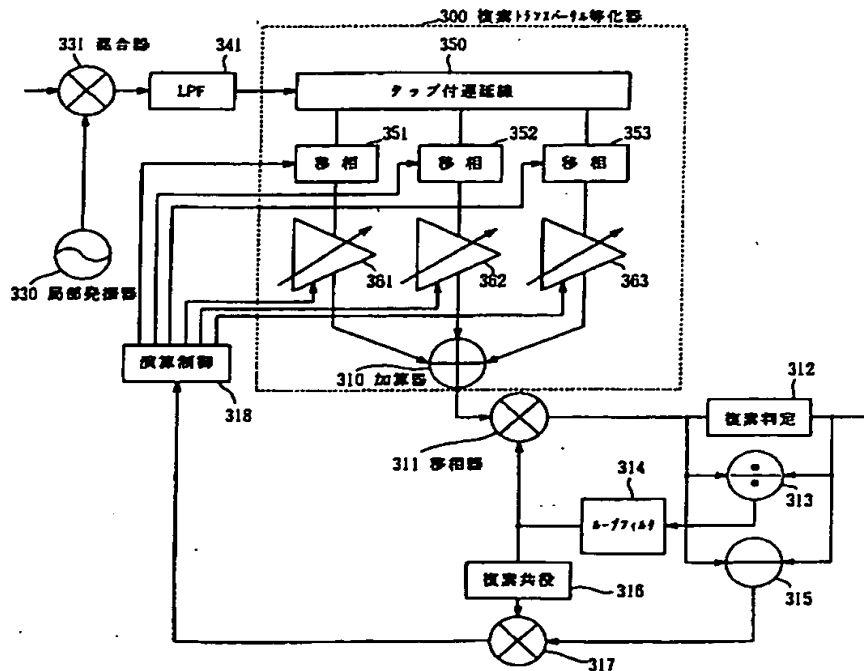




第 4 図



第 5 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**